

Э. Ш. Н а с и б у л л а е в а, И. Ш. Н а с и б у л л а е в, Е. А. Н а л о б и н а (Уфа, ИМех УНЦ РАН). Динамика течения жидкости через гидродинамическое сопротивление с подвижной границей.

В работе проведено моделирование и исследование особенности течения жидкости в плоском канале с гидросопротивлением для двух случаев динамического изменения геометрии канала (одна из границ является подвижной): поперечного сжатия проходного отверстия гидросопротивления, когда течение вызывается приложенным к слою перепадом давления, и продольного движения гидросопротивления вдоль канала, когда течение вызывается этим движением. Целью работы было построение элемента вычислительного стенда для плоского канала с гидросопротивлением изменяющейся геометрии, позволяющего по заданным входным параметрам найти расход жидкости с помощью простых интерполяционных формул.

На рис. представлена геометрия в случае зеркальной симметрии и введены следующие обозначения: Γ_1 — входное отверстие канала; Γ_2 — выходное отверстие канала; Γ_3 — стенка канала; Γ_4 — центральная ось канала (ось зеркальной симметрии); Γ_5 — подвижная граница; $u_x(z)$ — профиль скорости жидкости в продольном направлении; L — длина канала; H_0 — радиус проходного отверстия канала; H_1 — радиус проходного отверстия гидросопротивления.

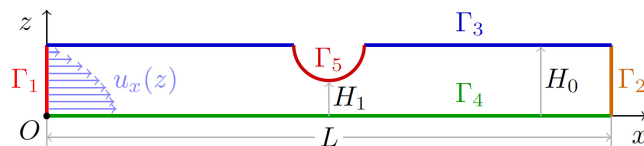


Рис. 1. Геометрия плоского канала с подвижным гидросопротивлением

Разработана компьютерная модель с адаптивной расчетной сеткой, позволяющая достигать высокой точности расчета течения жидкости. Моделирование проводилось с помощью пакета компьютерного решения уравнений в частных производных методом конечных элементов FreeFem++ [1]. Вариационная форма уравнений решалась методом конечных элементов с помощью итерационного метода Ньютона с предварительным расчетом по методу Пикарда (решение линейной задачи для повышения устойчивости метода Ньютона). Дополнительно устойчивость схемы повышалась введением малой искусственной сжимаемости.

Получено, что в геометрии с поперечным сжатием гидросопротивления течение является ламинарным без образования вихрей. При продольном перемещении гидросопротивления расход жидкости остается постоянным с образованием устойчивых вихрей, перемещающихся вдоль канала со скоростью движения гидросопротивления. Поскольку профиль скорости в широком диапазоне параметров системы остается параболическим, была предложена аналитическая формула расхода жидкости, который зависит от ширины отверстия нелинейно (в обеих геометриях канала). На основе результатов моделирования построена аналитическая модель, учитывающая расход жидкости

от ширины проходного отверстия гидросопротивления. На основе поученной модели представлена методика построения элемента вычислительного стенда для определения расхода жидкости в рассматриваемой системе.

Моделирование динамического изменения геометрии открывает большие возможности при разработке новых технических устройств. Например, продольное движение гидросопротивления можно использовать для создания течения в канале с постоянным давлением, а поперечное сжатие — для регулирования расхода жидкости в канале с ненулевым перепадом давления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № П-31.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hecht F.* New development in FreeFem++. — J. Numer. Math., 2012, v. 20, № 3–4, p. 251–265.